

太陽光発電工学研究センター  
成果報告会  
平成24年5月23、24日

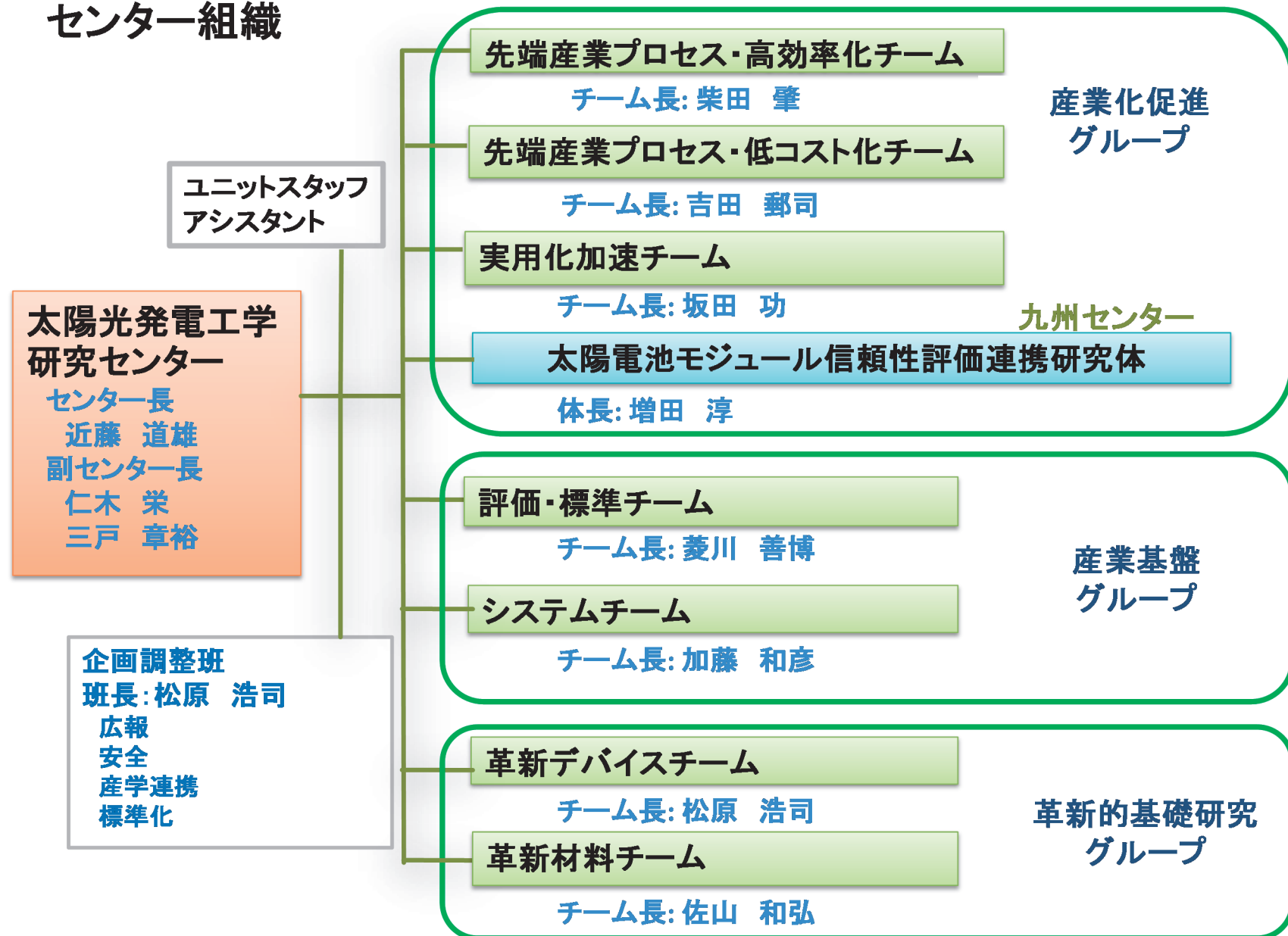
(独)産業技術総合研究所  
太陽光発電工学研究センターの概要と戦略

研究センター長  
近藤 道雄

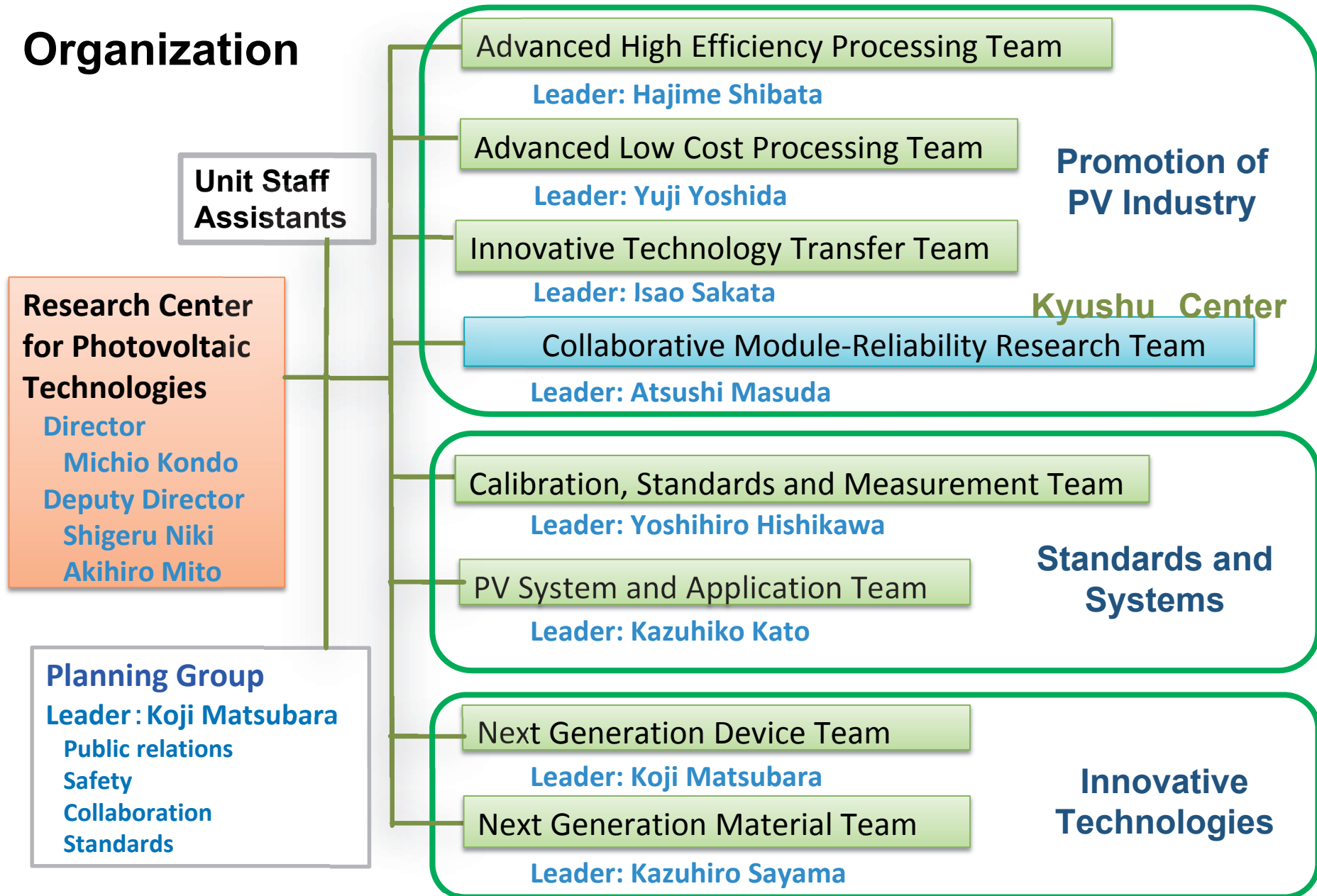
# 太陽光発電工学研究センターの概要

## RCPVT ; at a glance

# センター組織



# Organization





産総研の第3期ミッションである“21世紀型課題の解決のためのグリーンイノベーションの推進”を支える中核ユニットとして、エネルギー供給の安全保障と低炭素化、経済発展、国内雇用創出を同時に実現するために、太陽光発電に関連する技術分野に体系的かつ包括的に取り組み太陽光発電の技術及び普及の持続的発展に貢献することをミッションとする。

- 1) 民間企業とのコンソーシアム等を通じたデバイス、システムの技術開発、
- 2) 産業基盤となる一次基準セル校正、デバイス、システムの中立評価、
- 3) 長期的視点からの革新的基礎技術の開発、

を3つの柱として推進する。さらに技術開発と並行して、

- 4) 健全な技術競争を醸成するために、ユーザ視点に立った国際標準の確立への貢献、
- 5) 研究開発成果を広く普及させ、地域センターと連携した地域経済活性化への貢献、に注力する。

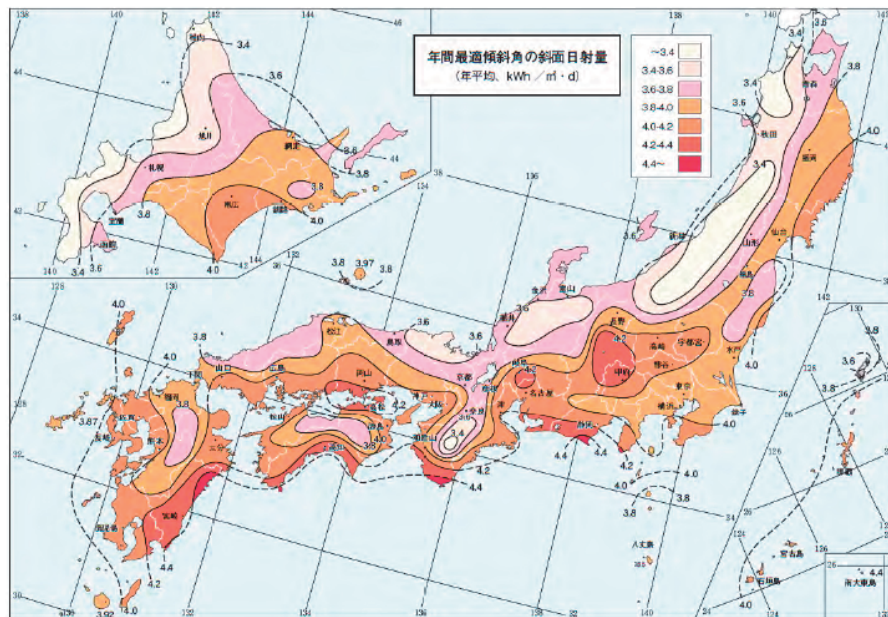
さらに

- 6) 福島に設置される予定の再生可能エネルギー研究拠点に参画し、再生可能エネルギー関連新産業創出と、それによる福島復興に資することを目指す。

## 再生可能エネルギーを普及拡大することで国内エネルギーの確保と安全安心社会の実現、経済創出効果を図る。

さらに、復興にあたって、原子力災害で失われた雇用を創出するため、再生可能エネルギー関連産業の振興は重要である。福島県に再生可能エネルギーに関わる開かれた研究拠点を設けるとともに、再生可能エネルギー関連産業の集積を支援することで、福島を再生可能エネルギーの先駆けの地とすべきである。

### p.41 第3章 原子力災害からの復興に向けて



(出典)「NEDO太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン」

図表16 スマートコミュニティ



復興構想会議提言「悲惨の中の希望」より  
<http://www.cas.go.jp/jp/fukkou/>

## 復興構想7原則

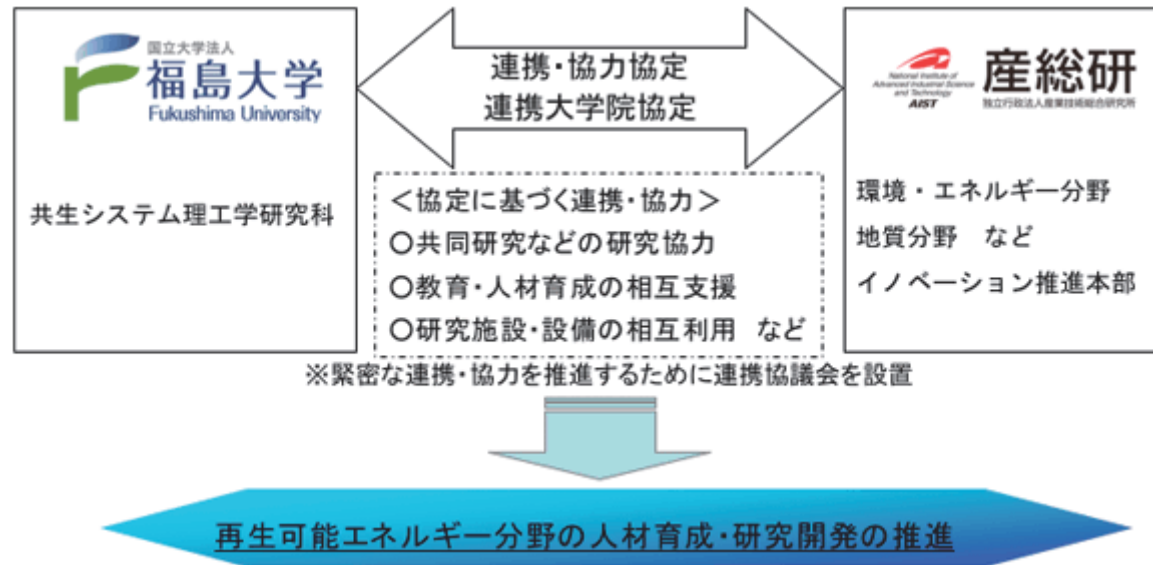
原則 3 : 被災した東北の再生のため、潜在力を活かし、技術革新を伴う復旧・復興を目指す。この地に、来たるべき時代をリードする経済社会の可能性を追求する。

原則 4 : 地域社会の強い絆を守りつつ、災害に強い安全・安心のまち、自然エネルギー活用型地域の建設を進める。

原則 5 : 被災地域の復興なくして日本経済の再生はない。日本経済の再生なくして被災地域の真の復興はない。この認識に立ち、大震災からの復興と日本再生の同時進行を目指す。

復興構想会議

—再生可能エネルギー分野における人材育成・研究開発をはじめとする広範な連携を目指して—



<連携・協力協定>

わが国の学術および産業技術の振興に寄与することを目的とする

共同研究などの研究協力、研究交流・人材交流、教育・人材育成の相互支援、研究施設・設備の相互利用などを推進

緊密な連携・協力を推進するために連携協議会を設置

有効期間は平成26年度末までで、双方合意の上で更新可能

<連携大学院協定>

産総研の研究者が福島大の客員教員として、共生システム理工学研究科の再生可能エネルギーに関する授業などを実施

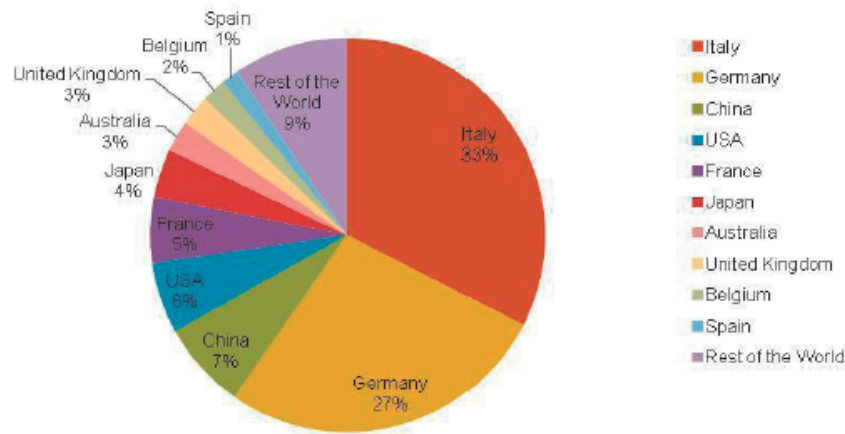
産総研プレスリリースより抜粋



- 福島県郡山市西部第二工業団地において再生可能エネルギー拠点を設置。
- 太陽光発電、風力、地熱、地中熱、スマートグリッドなどのテーマを選定中
- 太陽光発電に関しては補正予算での予算措置。外部予算獲得を計画中  
(拠点研究予算 総額50億)
- 次世代薄型結晶シリコン一貫試作ラインを構築、企業コンソーシアムを組織して産学連携を推進
- 中長期テーマも視野に入れた持続可能でシームレスな研究テーマ戦略  
(薄膜、有機なども)
- 文科省とも連携;革新的エネルギー研究開発拠点形成事業 (5年間40億)

# 太陽光発電の現状

## Current status of PV



出典 EPIA 2011 Market Report

2011年度の速報

世界導入量 27 GW

(5GWは2010年度設置)

生産量 37GW程度?

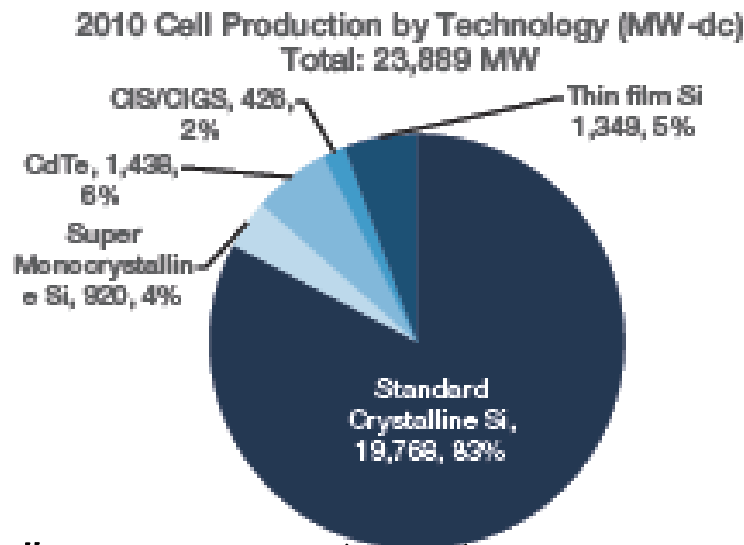
国内市場 1.1GW

2012年

日本でFIT開始

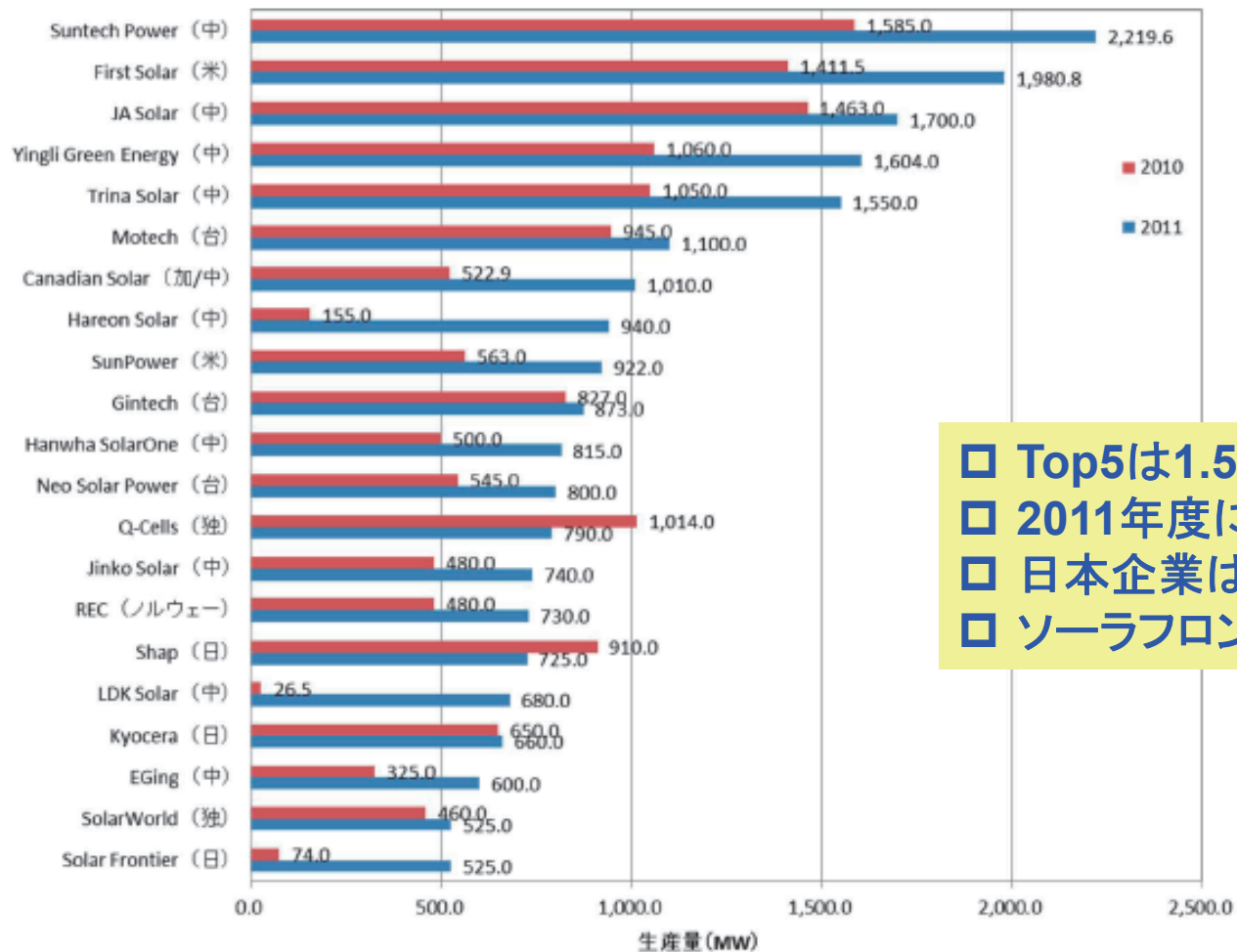
ドイツでFIT切り下げの影響?

企業淘汰始まる



出典 PVNEWS (2010)

## Photon Internationalによる太陽電池生産量トップ20社(2011年)



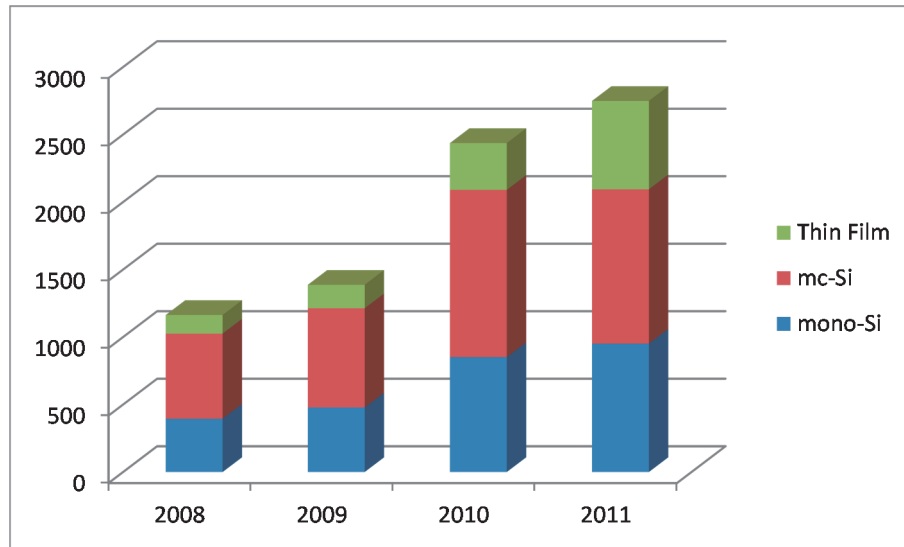
- Top5は1.5GW超
- 2011年度に生産拡大
- 日本企業は3社
- ソーラフロンティアの躍進

出典: Photon International 2012-3 より(株)資源総合システムが作成





日本における出荷統計 (JPEA資料)

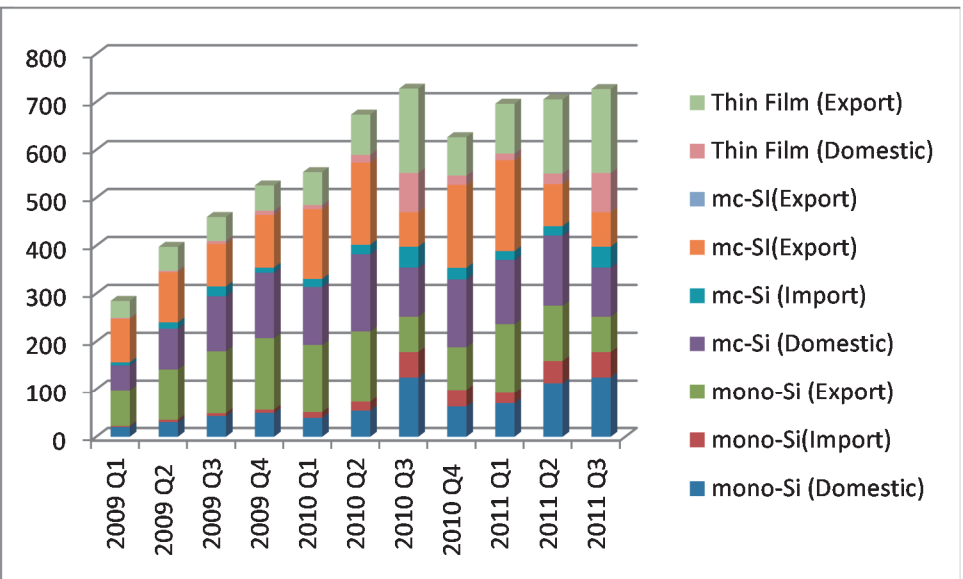
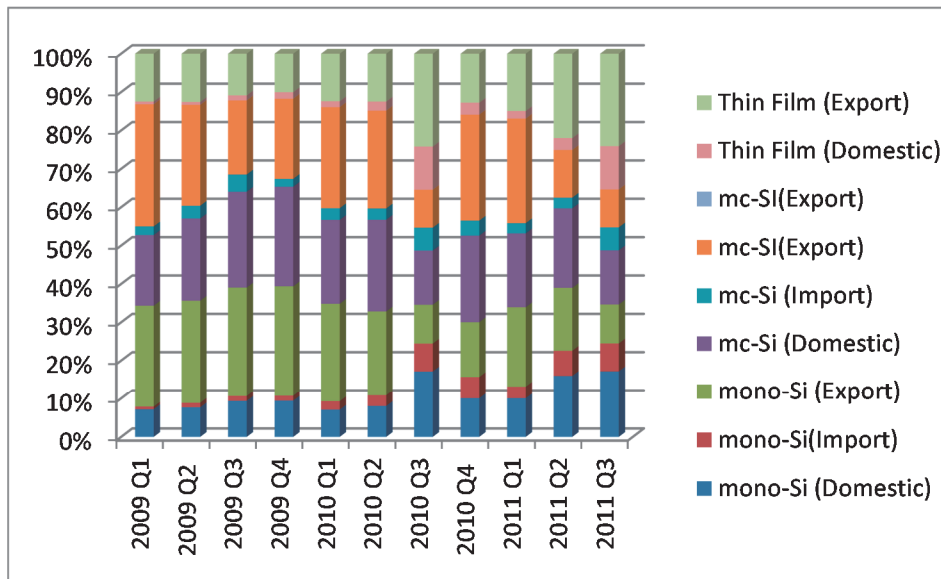


□ 単結晶と薄膜の割合増える

□ 期別出荷統計に表れた変化

□ 2011年度Q3、Q4における薄膜比率=40%

□ 薄膜輸出量↑ > 結晶Si輸出量↓



# 太陽光発電工学研究センターの研究戦略

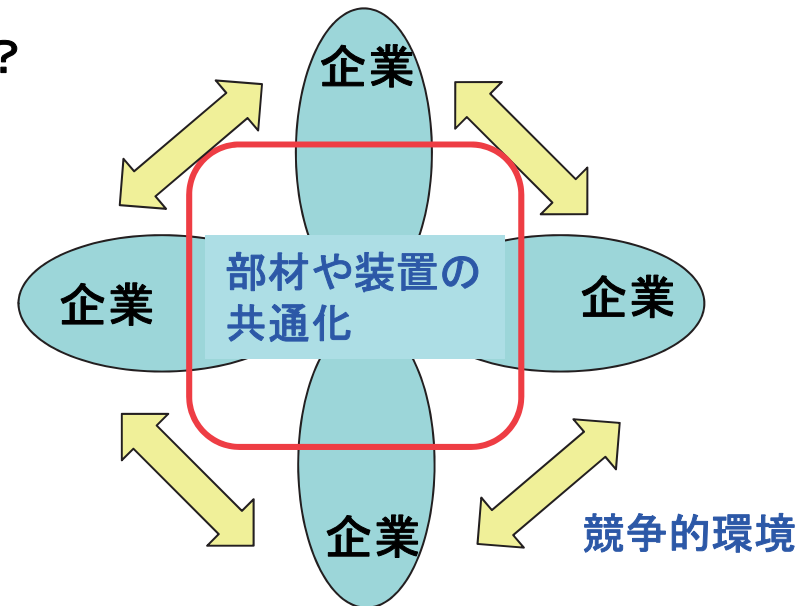
# これから何をすべきか

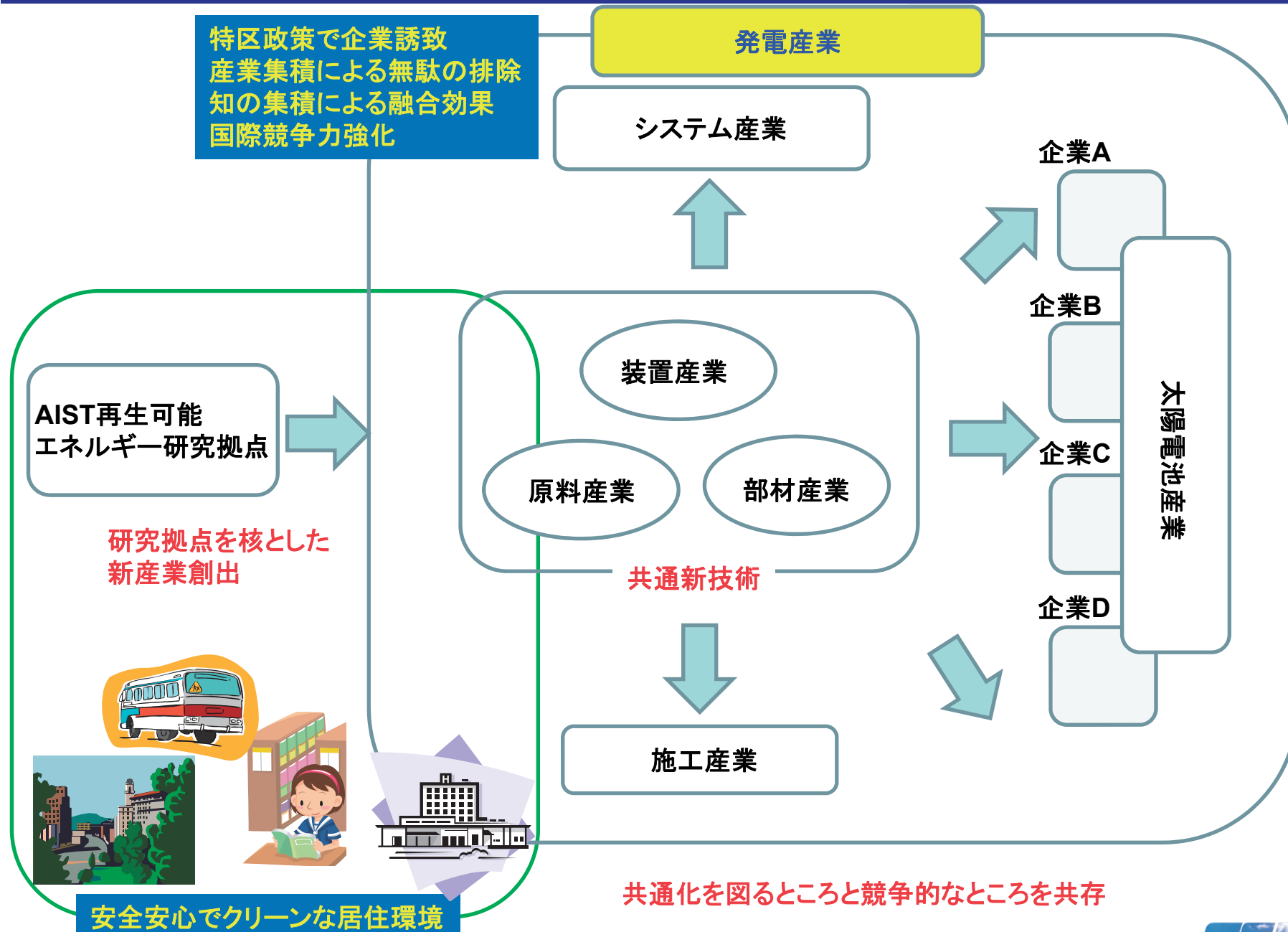
- エネルギー政策の転換に対応
- 太陽光発電国内市場の成長と産業政策  
激化する国際競争を勝ち抜く技術開発  
イノベーションハブ(日本特有の産業構造への対応)
- 健全な国際競争の醸成 (市場形成)  
中立評価機関としての信用  
国際機関との協力体制の構築  
標準化活動
- どこで競争するか？(技術土俵選び、ルール)
- 照準は2016年
- (産業)技術開発、基礎研究→橋渡し研究
- ルール作り

## 24年度重点化計画の概要

- 福島拠点を核とした結晶シリコンコンソーシアムの迅速な立上げ。
- 組合などを活用したイノベーションハブ機能の強化。
  - ✓ 技術開発から産業集積
  - ✓ 国際連携の有効な活用
- 経済原理に基づいた研究戦略の策定。開発スピードの加速化。
- 信頼性に関するJISQ8901の認証事業開始への貢献と国際規格提案。
- IEC国際規格改訂への参画
- メガソーラ10周年に向けたパネルの全数検査の着手。

- 国内で作って勝てる技術開発
  - 高度な製造技術で高品質かつ低コストを両立
  - 例：超薄型シリコンウエーハ、薄膜型
  
- 高機能、高付加価値
  - 例：軽量化、長寿命化、インテリジェントシステム
  
- ユーザ視点での標準化（利便性と差別化を両立）
  - 例：信頼性を定量的に可視化することで品質を差別化
  - サイズや互換性、施工法の統一
  
- 国内企業の分散化の解消 → 単純な合併？
  - 例：協業と競争の両立
  - 部材や装置を共通化したうえでの競争
  - 失われる差別化部分と共通化のメリット
  - 共通化に向けた受け皿の必要性
  
- 産業集積の可能性
  - ハイテクテクノパークの形成
  - 福島に作る積極的な意味





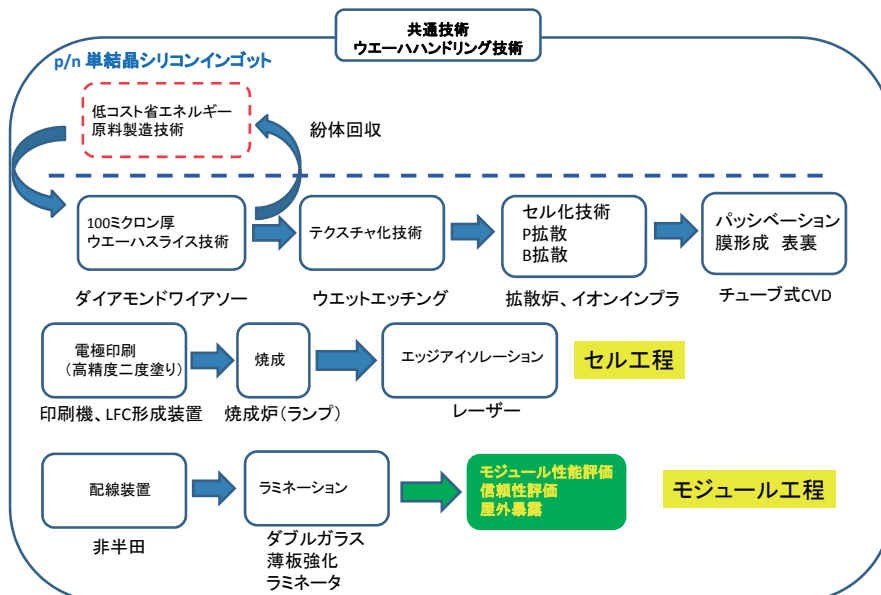
## 【基本理念】

次世代高性能、低コスト、高付加価値(信頼性、軽量化、高機能化)モジュールを**国内で生産**して50円/W以下の製造コストを実現するために、**超薄型(単)結晶シリコン**基板を用いた太陽電池モジュールのための部材、装置、デバイス、モジュールを包括的に開発する。

太陽電池メーカーだけでなく部材メーカー、装置メーカーの参画の下、新たに必要となる技術要素を開発するとともに既存技術を高度化する。その結果、**量産**レベル(年産 $10^5$ ウエーハ)の**次世代太陽電池一貫試作ライン**を確立し、参加企業に開放する。

一貫ラインは薄型単結晶(100ミクロン)を主眼とし、インゴットから出発、ウエーハ製造、ウエーハハンドリング、ウエット・ドライプロセス、印刷プロセス、モジュール化プロセスまでを一貫してカバーし、信頼性試験、屋外暴露まで行う。

高効率化技術だけでなく、低コスト、高生産性、**高歩留まり**を実現する技術を開発する。



## 未来志向の共通技術プラットフォーム

- 課題抽出、協業による課題解決
- 大規模な研究費の効率的な使用
- 異業種垂直統合
- 中小企業の参入障壁

次世代の高性能、高付加価値(高信頼性、軽量化、高機能化)太陽電池モジュールの国内製造コストを2020年に50円/W以下に低減する

## 1. 結晶シリコンの評価

## 2. ウェーハ加工技術

スライス(DW、100 $\mu$ 以下)、エッチング、テクスチャ

## 3. セル材料の開発・評価

パッシベーション膜、ペースト

## 4. セル化技術

テクスチャ形成法、パッシベーション法、

接合形成法(拡散、イオンインプラ)

セレクトティブエミッタ、光閉じ込め

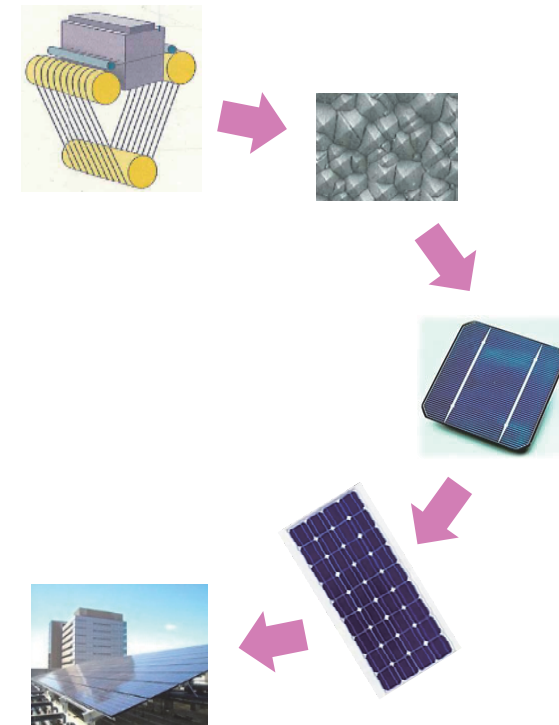
## 5. モジュール化技術

新構造、配線、封止材、部材、非半田、資源戦略

薄板ガラスによる軽量モジュール

## 6. 評価

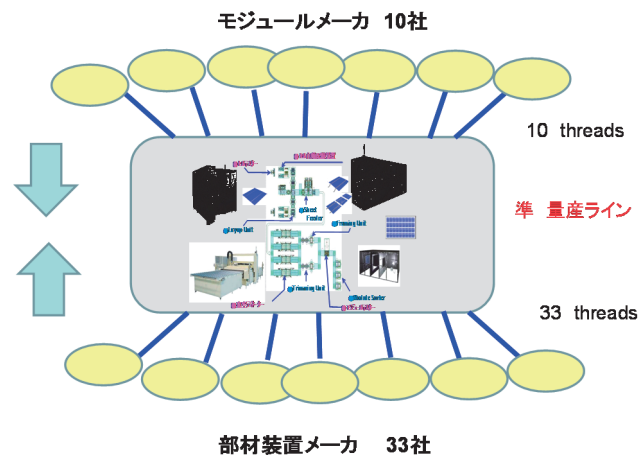
信頼性評価、一貫フィードバックループ





## 高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム

- PVTECをコンソ参加企業(部材メーカー)と太陽電池メーカーの交流の場として活用
- 40年超の寿命を目指した新規部材、高信頼性モジュール構造の開発  
新規加速試験法の開発
- 第一期 終了33機関、第二期 を発足 61機関の参画を得た。



部材、装置およびモジュール製造の両面で高い技術を有する企業が集積している日本でこそ成り立つコンソーシアム（分散化の裏返し、協業で逆転）

### 第Ⅱ期の活動

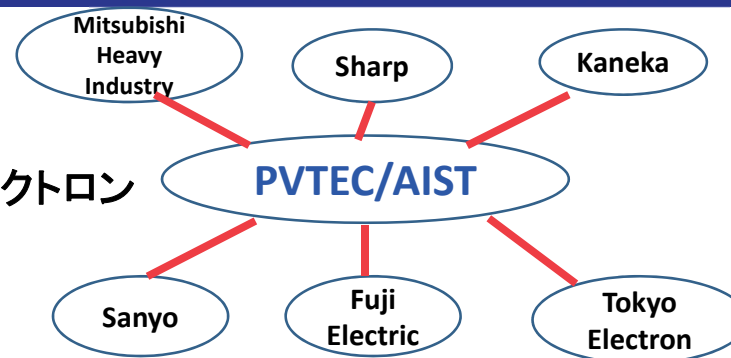
- 中古モジュールの調査 故障モードの類型化、故障原因の解析
- 故障原因の解明
  - 部材の役割と要求事項の同定
- 新しい測定法の開発
  - 加速試験法、高感度高精度検出法

## 薄膜シリコンオールジャパンコンソーシアム

シャープ、カネカ、三菱重工、富士電機、三洋電機、東京エレクトロン  
+ 東工大、九大、阪大、岐阜大、金沢工大

日本の英知を結集 → 薄膜シリコンの生き残りをかける  
産総研内にPVTECつくば研究所。PVTECに出張。

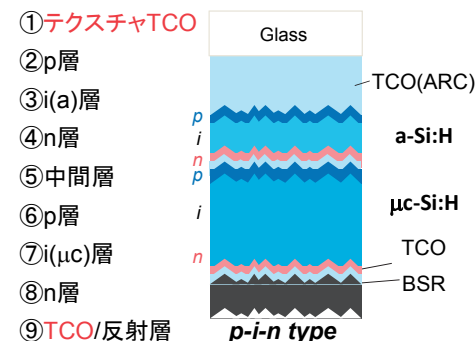
14%のモジュール効率と高生産性技術開発 G5サイズ製膜装置の導入



### 高効率化技術

**a-Siトップセル安定化効率**    目標 11%    (9.6% 達成)  
**タンデムセル効率**            目標 12%    (11.6% 達成)

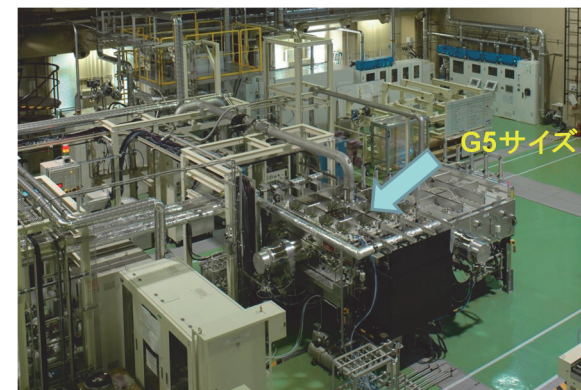
→ 30×40cm<sup>2</sup>基板上に2接合でモジュール安定化効率13%を達成し得る要素技術を開発する。(セル効率15%)



### 高生産性技術開発

- G5-VHFプラズマCVD装置(60MHz)による各種材料の高度化、高均一化
- 製膜開始、a-Si、a-SiGeで良好な膜質データ

三菱重工、カネカ、シャープ、三洋、岐阜大学、大阪大学  
(G5サイズ装置をつくばに移転、三菱重工の技術の共用)



# 集光型多接合太陽電池評価技術

## 日米共同実証実験

- 日米共同で高精度な評価技術を開発
- 評価技術の国際標準化

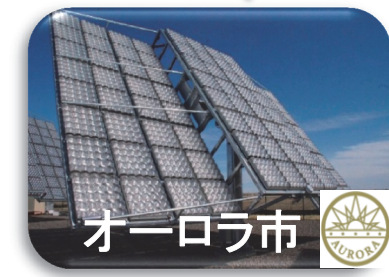
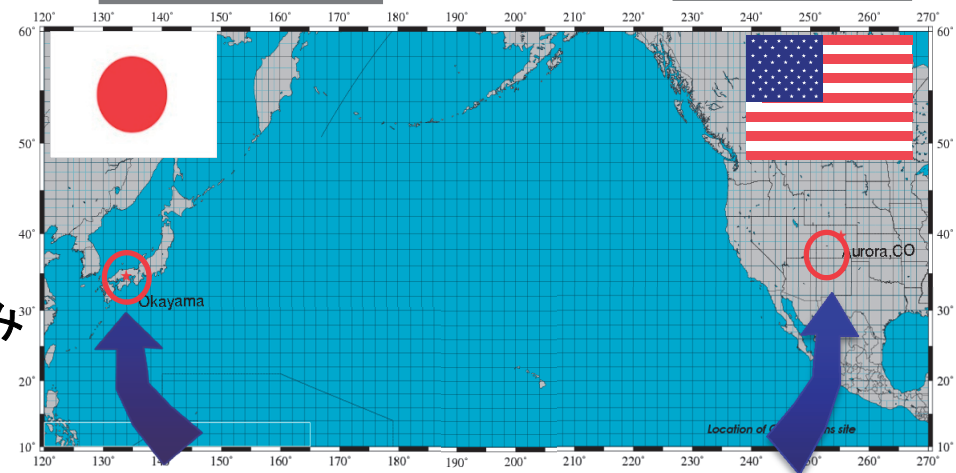
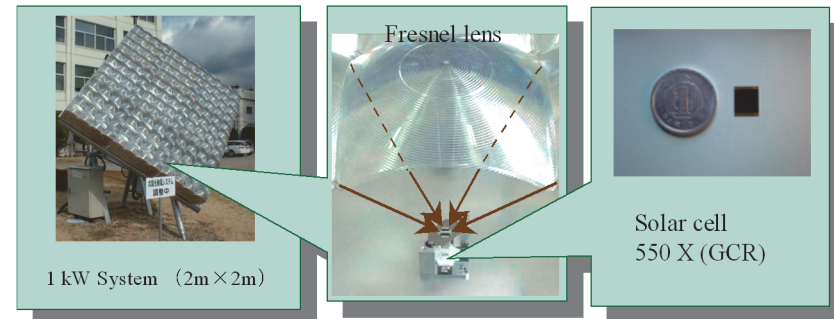


多接合太陽電池  
屋内試験技術に強み

日射条件に恵まれ  
屋外試験技術に強み

## 日米共同研究成果

- 発電量定格等の国際規格(標準化)に向けた実証データの蓄積
- ラウンドロビン試験の実施
- 日米独製セル搭載システム性能評価比較の実施(共同発表予定)



## アジア太平洋基準認証推進事業、太陽電池信頼性認証基準 (23年度補正事業 24年度継続 基準認証政策課)

### PVTEC、JET、佐賀県工業技術センター と三者共同

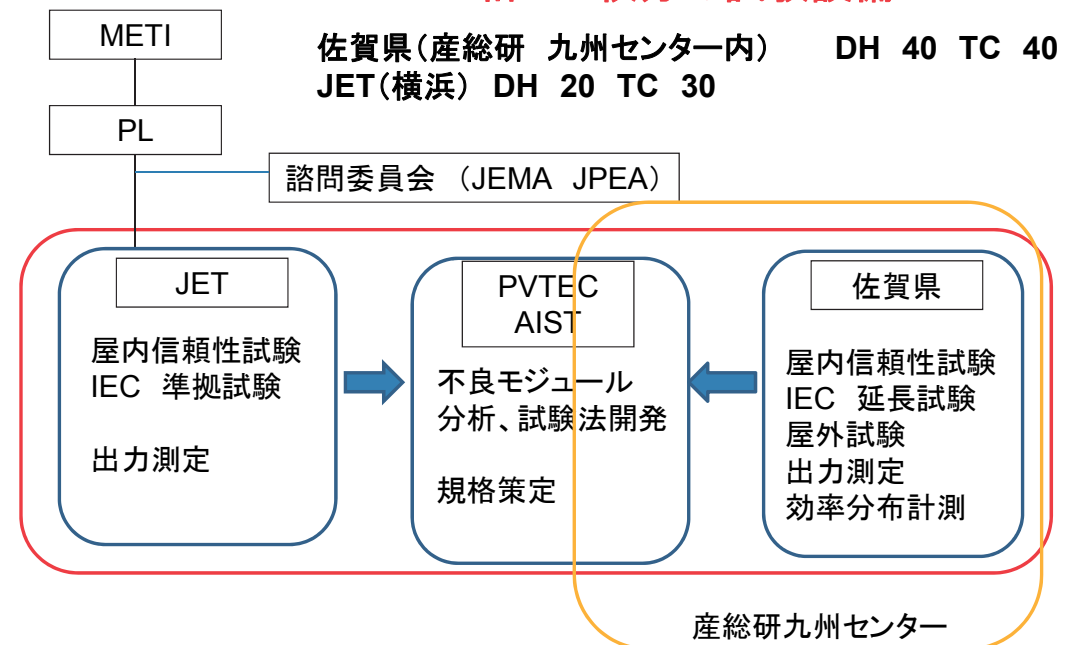
#### 趣旨

市場での太陽電池モジュールの長期安定性、信頼性を定量的に可視化するために統計的かつ技術的に有意な試験方法を同定し、米国、アジア諸国と連携して国際標準として策定する。  
それによってユーザの利益を保護し、健全な技術競争を醸成する土壌を確立する。

#### 実施内容

- DH、TCの単純延長試験および繰り返し試験をTTF手順で10枚以上行う
- PID試験なども追加して行う
- 塩害地域で屋外暴露を行う  
(瀬戸内市)
- 塩害およびアンモニア害影響を評価(日本唯一)
- 試験結果をIEC基準改訂に反映させる(2012年より)
- 日、米、アジアに加えて欧州と連携して国際標準化を推進

#### 計130枚分の試験設備



タスクグループへの日本からの参画  
JEMA、PVTEC、JPEAと連携した国内機関のとりまとめ  
国際連携(NREL,JRC, Fh-ISEなど)

□ **TG1 Quality Management system**

量産モジュールの品質一貫性を担保するQMS(ISO9001ベース)の提案  
設計、製造とアフターサービス体制の開示と明確化

□ **TG2 Mechanical Stress**

温度サイクル、風圧、積雪、**輸送**

□ **TG3 Humidity, Temperature**

高温高湿試験(85-85-1000h)、Humidity-Freeze  
(85 % 85 - -40C)

□ **TG4 Bypass diode failure, Partial Shading**

□ **TG5 UV light exposure**



## JISQ 8901 地上設置の太陽電池 (PV) モジュール —信頼性保証体制(設計,製造及び性能保証)の要求事項 (要点)

- 設計・製造から性能保証までの品質管理

製品責任者は、PVモジュールの設計及び製造について、機能耐用年数との整合性をレビューしなければならない。性能保証の期間にわたり、性能保証の範囲内で規定された性能を、製品単体の信頼性とサービスとの組合せで確保しなければならない。

- 製造に関わる品質管理

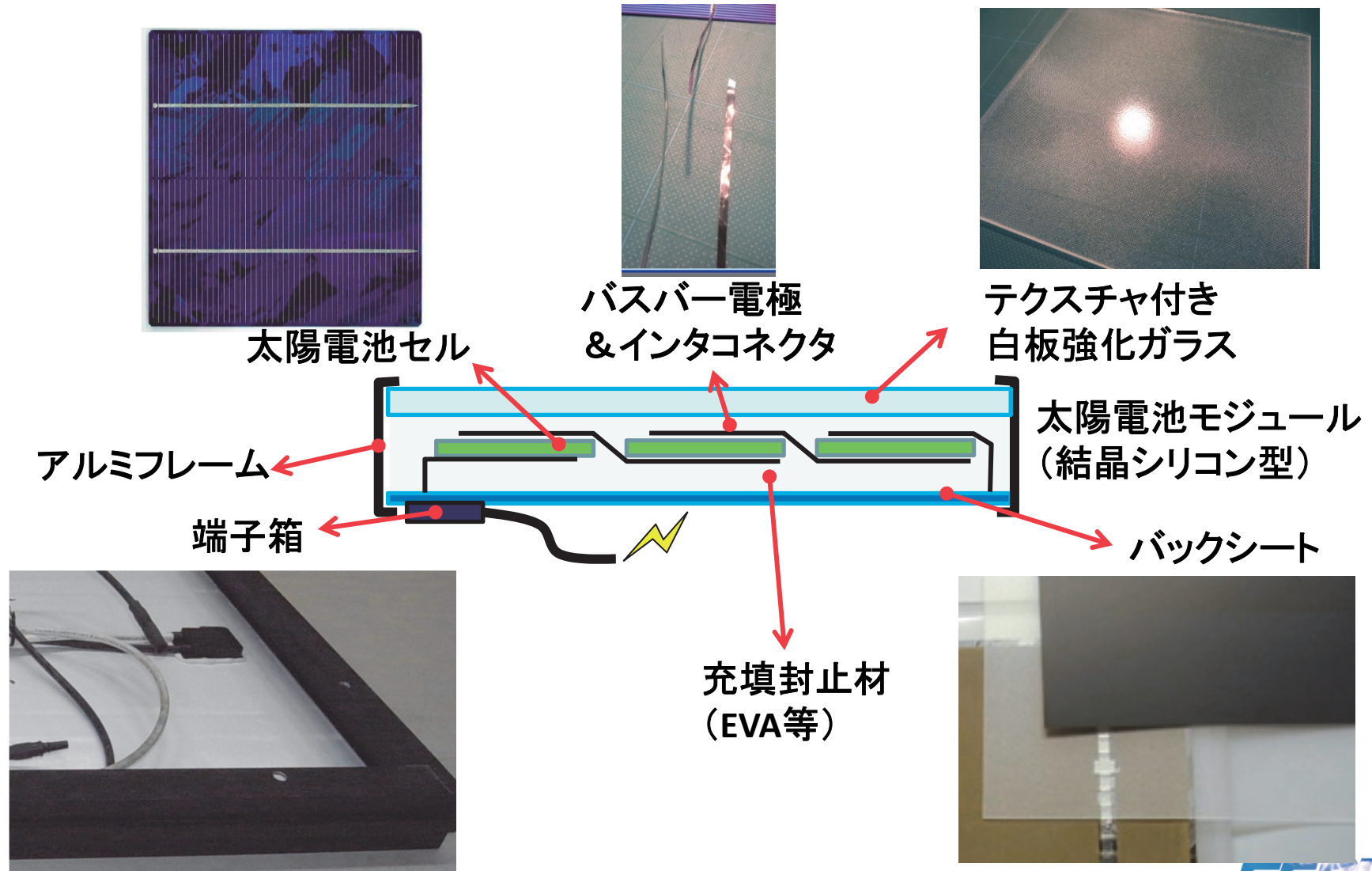
製品責任者は、JIS Q 9001の7.5(製造及びサービス提供)によって、PVモジュールの製造を管理しなければならない

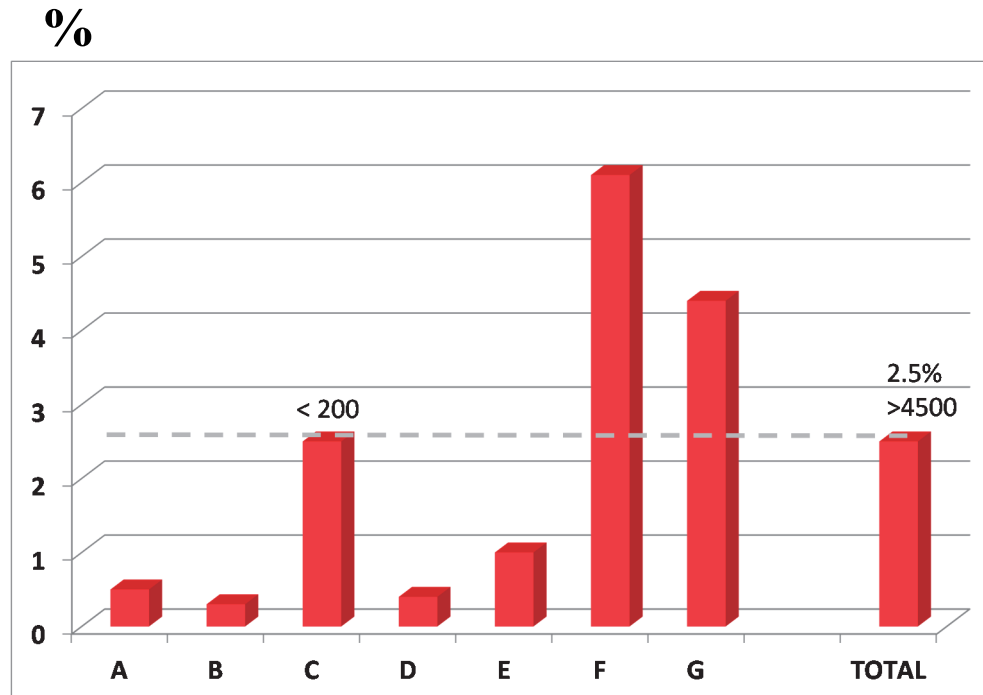
- 性能保証の内容と運用規定との関係

製品責任者は、PVモジュールの性能保証の内容と製品責任者の運用規定及び体制とを整合させなければならない。

国内認証機関と連携して認証機関協議会を組織。適合性認証に向けた準備活動  
認証の有効な活用法を論議中 (必要条件か十分条件かプレミアム価値か)

# 太陽電池モジュールの信頼性・寿命の支配的要因となる モジュール周辺部材の例



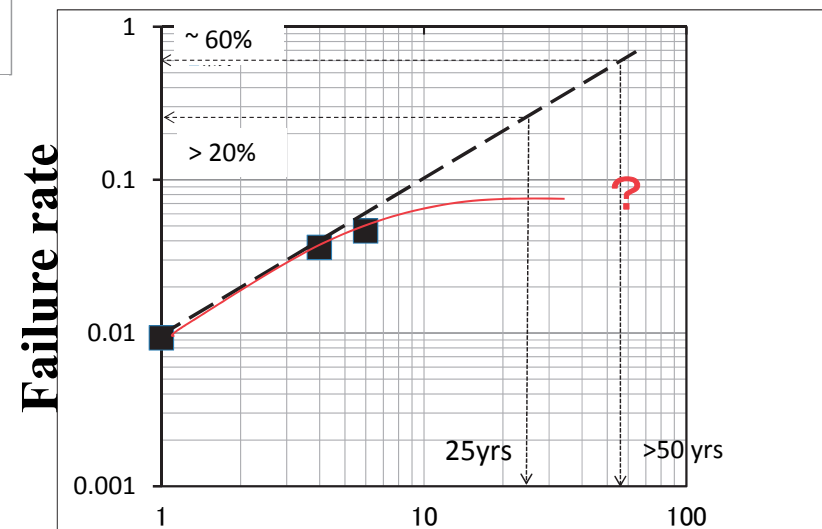


By courtesy of K. Kato

- メガソーラ10周年に向けた全数調査
- 詳細な故障解析と統計データ
- 結果の公平な公表
- 成果の規格等への還元

- 平均故障率 2.5% (panel)
- モジュール型式、製造メーカーによる格差大 0.3 ~ 6 %
- 統計データの必要性

ワイブルプロット



Time (year)



- 結局、太陽光発電市場の成長は補助金の利食いであったか？
- 健全な成長を目指すべき
- 健全とは？
  - 補助金や優遇策に頼らない自立的発展
  - 経済原理  
(目先の投資ではない長期リターン)
- 適切な技術目標の設定と着実な達成

## Message

太陽光発電は実現不可能な夢ではない。(1970年代)  
実現しなければならない夢である。(21世紀)